

CO2-TEC Transport Emission Calculator

Wolfram Groschopf
Elmar Fürst
Sebastian Kummer
Jürgen Schrampf

Veröffentlicht in:
Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2012
Tagungsband der MKWI 2012
Hrsg.: Dirk Christian Mattfeld; Susanne Robra-Bissantz



Braunschweig: Institut für Wirtschaftsinformatik, 2012

CO2-TEC Transport Emission Calculator

Wolfram Groschopf

Institut für Transportwirtschaft und Logistik, WU Wien, A-1090 Wien,
E-Mail: wolfram.groschopf@wu.ac.at

Elmar Fürst

Institut für Transportwirtschaft und Logistik, WU Wien, A-1090 Wien,
E-Mail: elmar.fuerst@wu.ac.at

Sebastian Kummer

Institut für Transportwirtschaft und Logistik, WU Wien, A-1090 Wien,
E-Mail: sebastian.kummer@wu.ac.at

Jürgen Schrampf

ECONSULT Betriebsberatungsges.m.b.H, A-1230 Wien, E-Mail: j.schrampf@econsult.at

Abstract

www.co2-tec.com ist ein Online-Service zur Berechnung der CO₂-Emissionen von Straßengütertransporten unter Berücksichtigung von Teilladungen, gemischt beladenen Ladungsträgern und Touren auf Basis in der Praxis verfügbarer Informationen. Die Modellierung mehrstufiger Transportketten in CO₂-TEC ermöglicht eine Abbildung unterschiedlicher Produktionsformen des Transports und bildet einen Beitrag zur Realisierung des Product Carbon Footprints aus logistischer Sicht.

1 Ausgangslage und Problemstellung

Die Globale Erwärmung und ihre Auswirkungen stellen existenzielle Probleme für die gesamte Menschheit dar. Auslöser der überproportionalen Erderwärmung ist der Mensch durch die Destabilisierung des globalen CO₂-Haushalts.[1] [3] Vor allem die Verbrennung fossiler Energieträger in Industrie und Verkehr und die daraus entstehenden Mengen an Kohlendioxid (CO₂) und die vor allem aus Landwirtschaft und Viehzucht resultierenden Mengen an Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) sind Treiber der Erderwärmung.[3] [4]

Der Verkehrssektor trägt knapp 20% zum gesamten CO₂-Ausstoß der EU 27 bei. Größter Verursacher von CO₂ innerhalb des Verkehrssektors ist der Straßenverkehr mit 71%. Im Gegensatz zu allen anderen Sektoren sind die verkehrsinduzierten CO₂-Emissionen der EU

27 seit dem Referenzjahr 1990 um fast 30% gestiegen.[2] [10] In Österreich sind die CO₂-Emissionen des Straßengüterverkehrs von 1990 bis 2006 sogar um 208,7% gestiegen.[13]

Während es in der Industrie und anderen Sektoren verstärkte Anstrengungen und bereits Mechanismen auf EU-Ebene gibt, dem Anstieg der CO₂-Emissionen mit geeigneten Lösungen zu begegnen, existiert im Verkehrsbereich mit Ausnahme der geplanten Integration des Luftverkehrs in das EU Emissionshandelssystem (EU ETS) ab 2012 [9] weder eine einheitliche Erhebungsmethode noch ein verbindlicher Kompensationsmechanismus für CO₂-Emissionen des Transports. Zur umfassenden Darstellung eines produkt- oder Supply Chain-bezogenen Carbon Footprints ist es jedoch notwendig, die transportinduzierten Emissionen transparent und sendungsbezogen auszuweisen.[1] [5]

2 Projekt CO₂-TEC

Ausgangspunkt der Betrachtung sind Business Cases bei Unternehmen der Logistik-Branche, um unterschiedliche Produktionsformen des Straßengütertransports realitätsnah modellieren zu können. Die Definition der Eingabeparameter orientiert sich an Daten, die im Normalfall in Unternehmen verfügbar sind. CO₂-TEC Transport Emission Calculator ist ein Online-Service zur Berechnung der CO₂-Emissionen von differenzierten, unternehmensspezifischen Transportketten. Dabei steht insbesondere das Herunterbrechen von Gesamtemissionen eines Transportes auf eine bestimmte Anzahl von Sendungseinheiten beziehungsweise unterschiedlichen logistischen Ladungsträgern im Vordergrund der Entwicklung.

Der CO₂-TEC Transport Emission Calculator ermöglicht dem Anwender:

- Mehrgliedrige Transportketten hinsichtlich derzeitiger CO₂-Emissionen zu modellieren und analysieren (Ganzladungen, Teilladungen, gemischt beladene Ladungsträger, Touren)
- Alternative Organisationsformen des Transports hinsichtlich der CO₂-Reduktion zu evaluieren
- Potenziale und erzielte Erfolge in der CO₂-Reduktion zu berechnen und darzustellen

CO₂-TEC ist das Ergebnis eines kooperativen Forschungsprojektes aus dem FFG-Projektprogramm protecNET in COIN der beteiligten Firmen:

- OekB Business Services GmbH
- ZTL Logistik Schulungs- und Beratungs GmbH
- ECONSULT Betriebsberatungsges.m.b.H.

3 Systemüberblick CO₂-TEC

Basierend auf standardisierten Kalkulationsparametern wird das Berechnungsmodell um unternehmensspezifische Parameter durch Benutzereingaben ergänzt und liefert mit Hilfe von GIS-Daten eine exakte „Door-to-Door“ Kalkulation von Transportketten mit dem jeweiligen CO₂-Ausstoß. Pro Transportfall werden bis zu 10 Teilstrecken mit unterschiedlichen Parametern abgebildet und für jede Teilstrecke detaillierte Emissionsberechnungen durchgeführt. Darüber hinaus können Benutzer Referenzfälle speichern und bearbeiten, Emissionsbilanzen verwalten und Emissionsszenarien ableiten (vgl. Bild 1).

Das Modell berücksichtigt differenzierte Faktoren je Transportabschnitt:

- Transporteinheit
- Fahrzeugtyp in Vorlauf, Hauptlauf und Nachlauf
- Differenzierung der Transportmittel (z.B. LKW-Typ, EURO-Norm, Kapazität)
- Leistungsdaten je Transportabschnitt
(Kapazitätsauslastung, Leerfahrtsanteile, Tourenorganisation)
- Spezifische Emissionswerte (Kraftstoffverbrauch, CO₂-Emissionswerte)

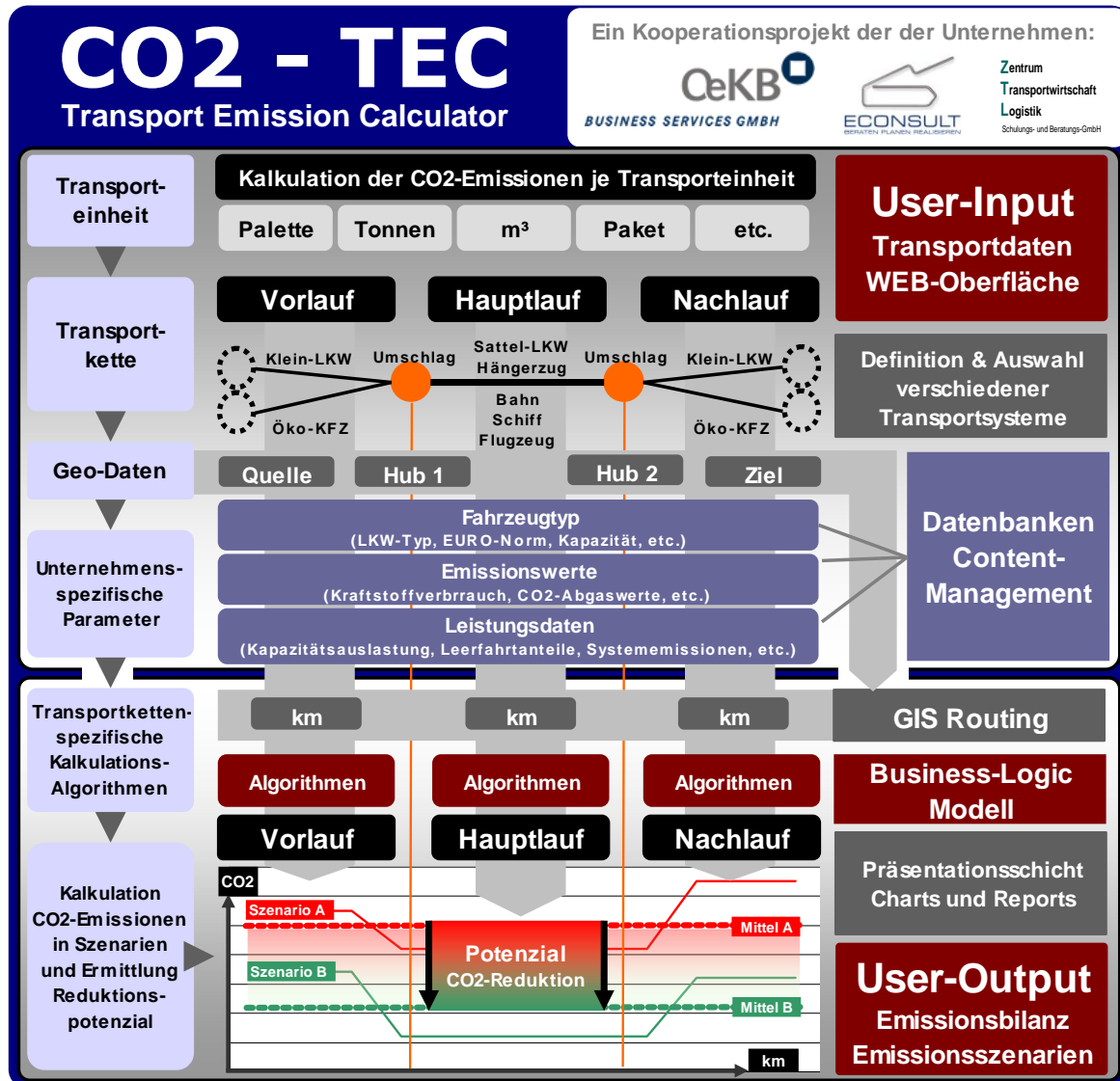


Bild 1: Systemüberblick CO₂-TEC [6]

4 Berechnung von Distanzen und Emissionsfaktoren

Basis der Distanzberechnung und Visualisierung sind Komponenten des Geoinformationssystems PTV XServer. Zur Kalkulation der entstehenden CO₂-Emissionen kommen die Daten des Handbuchs Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 2.1) zum Einsatz.

Das Handbuch Emissionsfaktoren liefert unterschiedliche Emissionswerte je nach Fahrzeugtyp, Straßenkategorie (Autobahn, Landstraße und Stadtgebiet) und gewichts-bezogenem Auslastungsgrad des Fahrzeugs.[11] Um einen Vergleich mit anderen Verkehrsträgern zu ermöglichen, bietet CO2-TEC die Möglichkeit einzelne Teilstrecken durch die direkte Eingabe von Emissionen anderer Verkehrsträger zu modellieren. Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Verkehrsträgern herzustellen, werden auch die dem tatsächlichen Energieverbrauch vorgelagerten Prozesse hinsichtlich Ihrer Emissionswirkung mittels GEMIS (Gesamtemissionen Integrierter Systeme) durch das österreichische Umwelt-bundesamt berücksichtigt.[14]

5 Typisierung von Fahrzeugen und Transporteinheiten

CO2-TEC errechnet in der vorliegenden Version die CO2-Emissionen von Straßengütertransporten. Der Emissionsausstoß ist zum größten Teil fahrzeugabhängig, wodurch die Kategorisierung und Standardisierung von LKW-Typen erforderlich wird. Insbesondere wird nach dem Gewicht und der Euro-Klasse des Fahrzeugs differenziert. Für einzelne Fahrzeugtypen werden nach Betrachtung unterschiedlicher Business Cases für Ganz- und Teilladungen, Touren und Kurier- Paket- und Expressdienste relevante Transporteinheiten definiert. Die relevanten Fahrzeugtypen sind mit den jeweiligen Maximalkapazitäten hinterlegt, wobei insgesamt 12 unterschiedliche Typen klassifiziert wurden. Das Modell umfasst vom kleinen Zustellfahrzeug mit einem höchst zulässigen Gesamtgewicht von 3,5 t auch sämtliche Klassen von leichten und schweren Nutzfahrzeugen (LNF, SNF). Bei den schweren Nutzfahrzeugen mit einem höchst zulässigen Gesamtgewicht von 40 t wird im Modell nochmals hinsichtlich unterschiedlicher Aufbaumöglichkeiten der Ladeeinrichtungen differenziert, da hier enorme Unterschiede bezüglich der jeweiligen Maximalkapazitäten bestehen. Beispielsweise kann beim Ladevolumen eine Bandbreite von ca. 80 m³ bis ca. 115 m³ bestehen und die Anzahl der Palettenstellplätze kann durch einen entsprechenden Umbzw. Aufbau von üblicherweise 32 Plätzen auf 64 Plätze verdoppelt werden. Auch die Sonderregelung von 44 t höchst zulässigem Gesamtgewicht bei Transporten im Vor- und Nachlauf des Kombinierten Verkehrs ist im System entsprechend abgebildet. Für alle Fahrzeugtypen sind somit die aus logistischer Sicht relevanten Maximalkapazitäten hinterlegt:

- Nutzlast
- Ladevolumen
- Lademeter
- Palettenstellplätze
- Rollcontainerstellplätze

6 Berücksichtigung von Auslastung und Leerfahrten

Die **Fahrzeugauslastung** stellt für die Kalkulation einen wesentlichen Parameter dar, da eine höhere Auslastung im Sinne von höherer Tonnage, auch einen höheren relativen CO2-Ausstoß verursacht (vgl. Bild 2). Dem gegenüber steht jedoch die „logistische Sichtweise“ des Begriffes Auslastung, der sich nicht notwendigerweise auf das Ladungsgewicht

beschränkt, sondern sehr branchenspezifisch beziehungsweise bezogen auf die Anzahl transportierter Ladeeinheiten betrachtet wird.

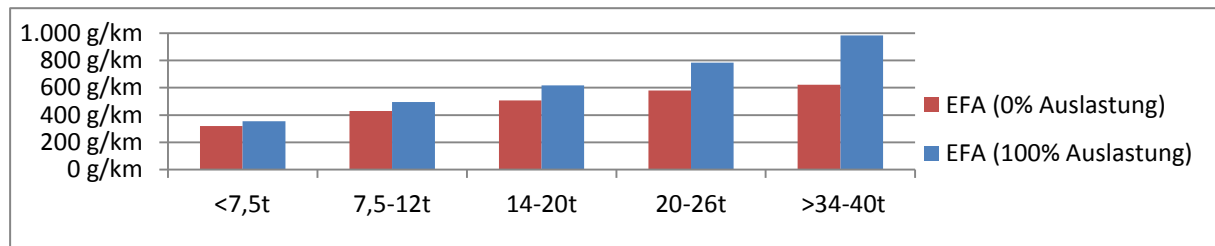


Bild 2: Emissionsfaktor in Abhängigkeit zur Auslastung [11]

So hat beispielsweise ein LKW 32 Palettenstellplätze (maximale Kapazität) und ist für eine Zuladung von 24t zugelassen. Werden nun 32 Paletten mit einem Gesamtgewicht von 12t geladen, so beträgt die Auslastung aus logistischer Sicht 100%, die relevante Auslastung zur Emissionskalkulation bezogen auf das Gewicht jedoch 50%. Diesem Umstand entsprechend kann jeder Nutzer hinsichtlich „seiner logistischen Ladeinheit“ (z.B. Rollcontainer, t) kalkulieren und daraus mit Hilfe von Volumen-Gewichts-Umrechnungsschlüsseln das emissionsrelevante Gewicht ermitteln.

Der **Leerfahrtenanteil** (LFA) beschreibt, wie viele Kilometer ohne Ladung gefahren werden müssen um einen Transport durchführen zu können. Je höher der Leerfahrtenanteil ist, desto größer werden auch die einem Transport (bzw. einer Sendung) zuzurechnenden Emissionswerte aus der Leerfahrt. Die Zuordnung von Leerfahrtanteilen in einem Kalkulationsmodell ist stark von der jeweiligen Transporttypologie abhängig. Eine konstante Berechnung beispielsweise in Form eines fixen Zuschlagssatzes erscheint kaum sinnvoll. Untersuchte Beispiele belegen diese Abhängigkeit und zeigen somit auch die Auswirkungen auf die Zuordnung von CO₂-Emissionen (vgl. Tabelle 1).

Paarige Direktverkehre	Gegen 0%
Fernverkehr Komplettladungen	5% - 20%
Stückgutverkehr, Teilladungsverkehr	25% - 50%
Spezialtransport	100% +

Tabelle 1: Leerfahrtenanteile unterschiedlicher Transporttypen [7]

Eine Kalkulation des Leerfahrtanteils durch fixe Abhängigkeiten (z.B. von der Distanz) erscheint für dieses Modell somit nicht praktikabel. Leerfahrtenanteile (Benutzereingabe) werden unter Annahme der gleichen Zusammensetzung der Straßenkategorien wie bei der beobachteten Strecke (Autobahn, innerorts, außerorts) auf Basis der Emissionen eines nicht beladenen Fahrzeugs gleichen Typs der beobachteten Teilstrecke zugerechnet. Daher ist sowohl die Direkteingabe variabler Parameter durch den Nutzer bei Direktverkehren, als auch die Entwicklung einer GIS-unabhängigen Tourenkalkulation realisiert.

7 Emissionsberechnung von Teilladungen und mischbeladenen Ladungsträgern in mehrgliedrigen Transportketten

Zur Kalkulation der CO₂-Emissionen von Teilladungen ist zunächst die Unterscheidung zwischen der für Benutzer relevanten Transporteinheit und der aus logistischer Sicht relevanten Ladeeinheit sinnvoll: Transporteinheit bezeichnet eine Verpackungseinheit (z.B. eine Steige) des zu berechnenden Transportgutes (z.B. Milch). Ladeeinheit bezeichnet einen Ladungsträger (z.B. Palette) der die Transporteinheiten aufnimmt. Werden Transporteinheiten ohne Einsatz von Ladungsträgern direkt in ein Verkehrsmittel geladen, muss bei Ladeeinheit „Lademeter“ oder „Kubikmeter“ ausgewählt werden. Zur exakten Emissionsberechnung ist die Angabe von Quelle, Senke, Hub bzw. Depot und Route des Transports notwendig - ebenso eine exakte Angabe des Sendungsgewichts. Im Folgenden wird die Funktionsweise von CO₂-TEC anhand eines konkreten Anwendungsbeispiels unter Berücksichtigung einer sortenrein beladenen Teilladung in Abschnitt 1 und mischbeladenen Ladungsträgern in Abschnitt 2 dargestellt:

200 Steigen Haltbarmilch zu je 25 kg werden vom Produzenten in Waidhofen an der Thaya mit einem mittleren LKW (18 t, EURO 5, 18 Palettenstellplätze) zu einem Zwischenlager in Mauthausen transportiert. Auf eine Palette werden 20 Steigen Haltbarmilch geladen. Zusätzlich werden für einen anderen Kunden weitere 70 Steigen Haltbarmilch (3,5 Paletten) transportiert, die nicht betrachtet werden. Bei dieser Teilstrecke (Abschnitt 1) fallen keine Leerfahrten an. Die betrachtete Ladung wird in Mauthausen umgeschlagen, wobei jede Palette zusätzlich mit 10 Steigen Kakaopulver á 35 kg beladen wird. Vom Zwischenlager erfolgt der Transport zum Kunden nach Salzburg mit einem mittleren LKW (26 t, EURO 5, 20 Palettenstellplätze). Der LKW fährt vom Kunden leer zum Depot, wodurch sich für diese Teilstrecke ein Leerfahrtenanteil von 15 % ergibt (Abschnitt 2).

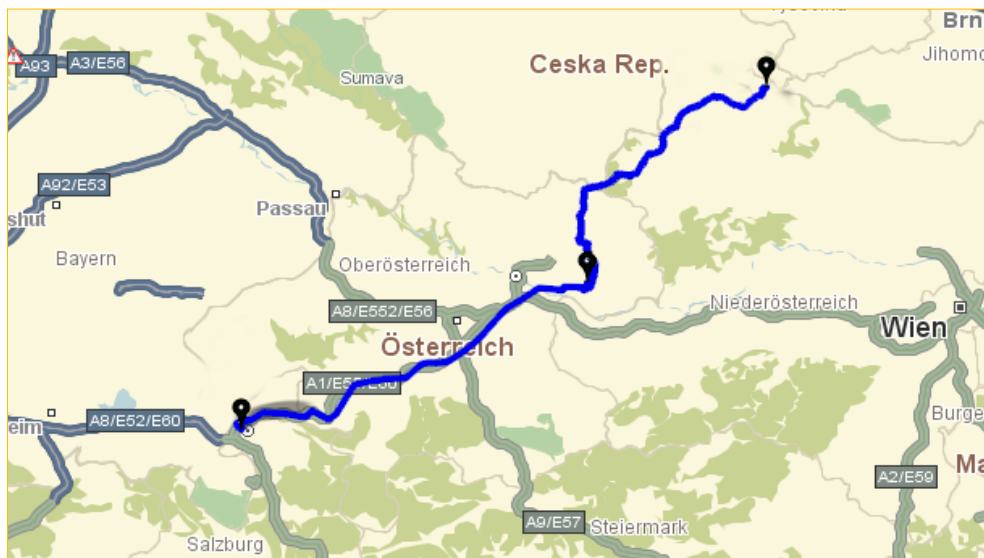


Bild 3: Route Haltbarmilch [8]

Abschnitt 1 stellt die Modellierung einer Teilladung in Form von sortenrein beladenen Ladungsträgern dar (vgl. Bild 4). Dazu erfolgt nach Auswahl des Fahrzeugtyps zunächst die Benutzereingabe einer spezifischen Ladeinheit, des Gewichts dieser Ladeinheit sowie

die Angabe, wie viele individuelle Ladeeinheiten (Steigen Haltbarmilch) auf einen genormten Ladungsträger (Palette) geladen werden. Dazu ist die Angabe der Gesamtauslastung auf Basis der genutzten im Verhältnis zur verfügbaren Ladungsträgerkapazität notwendig. Dies ermöglicht die Berechnung des Anteils der beobachteten Ladung von 200 Steigen Haltbarmilch an den Gesamtemissionen des Transportes. Die Berechnung unterliegt der Annahme, dass auch die verbleibende Ladung (genutzte Kapazität abzüglich beobachteter Ladung) die gleiche Volumen-Gewicht Beziehung hat.

Abschnitt 2 zeigt die Modellierung mischbeladener Ladungsträger (Bild 5). Das Transportgut wird automatisch vom System übernommen, das zum Einsatz kommende Fahrzeug ist für jede Teilstrecke neu zu definieren. Zur Modellierung der Mischbeladung sind vom Benutzer zusätzliche Informationen hinzuzufügen:

- Wie hoch (in %) ist der volumensbezogene Anteil der jeweils auf einen Ladungsträger geladenen beobachteten Ladung an einem Ladungsträger?
- Wie hoch ist das Gewicht der verbleibenden Ladung auf dem betrachteten Ladungsträger?

Transportfall ?

Beginnen Sie Ihre Berechnung mit der Definition des Transportguts. Anschließend können Sie einen oder mehrere Transportabschnitte hinzufügen. Sie benötigen zumindest einen Transportabschnitt um Ihren Transportfall berechnen zu lassen.

Bezeichnung

Transportgut

Anzahl Transportgüter **Gewicht des Transportguts** kg

Abschnitt	
<input checked="" type="checkbox"/> Abschnitt 1	<input type="checkbox"/> Dieser Abschnitt ist eine Tour <input type="button" value="🗖"/>
<input type="checkbox"/> Abschnitt 2	

Startadresse

Zieladresse

Fahrzeug

Euro Norm

Ladeinheit

Transportgüter je Ladeinheit

Gesamtauslastungsgrad %

Leerfahrtanteil %

☐ Ladeinheit wird gemischt beladen

Bild 4: Definition Transportgut und Eingabe Abschnitt 1 [8]

Auf Basis dieser Angaben kann nun erschlossen werden, wie sich die Beladung eines durchschnittlichen Ladungsträgers auf dieser Teilstrecke zusammensetzt. Dies erlaubt auch die Berechnung des Gesamtgewichts bzw. des Anteils des jeweils auf einem Ladungsträger beförderten Teils der beobachteten Ladung auf Basis des Gewichts. Die folgende Bild 5 zeigt die erforderlichen Benutzereingaben anhand des Beispiels.

Für die fahrzeugspezifische Emissionskalkulation ist das Gewicht der Zuladung in Form des gewichtsspezifischen Auslastungsgrades des gewählten Fahrzeuges zu berücksichtigen. Dies geschieht durch Interpolation der Emissionsfaktoren gemäß HBEFA. Daraus ergibt sich der gewichtsabhängige Emissionsanteil, der auf die Ladung entfällt.

Transportfall ?

Beginnen Sie Ihre Berechnung mit der Definition des Transportguts. Anschließend können Sie einen oder mehrere Transportabschnitte hinzufügen. Sie benötigen zumindest einen Transportabschnitt um Ihren Transportfall berechnen zu lassen.

Bezeichnung

Transportgut

Anzahl Transportgüter **Gewicht des Transportguts** kg

[+ Abschnitt hinzufügen](#) [- Abschnitt löschen](#)

Abschnitt	
<input checked="" type="checkbox"/> Abschnitt 1	<input type="checkbox"/> Dieser Abschnitt ist eine Tour <input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Abschnitt 2	<p>Startadresse <input type="text" value="Mauthausen, AT-431*"/> <input type="button" value="🔍"/></p> <p>Zieladresse <input type="text" value="Salzburg, Müllner Hauptstraße, AT-5020"/> <input type="button" value="🔍"/></p> <hr/> <p>Fahrzeug <input type="text" value="mittlerer LKW bis max. 26t"/> <input type="button" value="v"/></p> <p>Euro Norm <input type="text" value="EURO5"/> <input type="button" value="v"/></p> <hr/> <p>Ladeeinheit <input type="text" value="Paletten"/> <input type="button" value="v"/></p> <p>Transportgüter je Ladeeinheit <input type="text" value="20"/> <input type="button" value="v"/></p> <p>Gesamtauslastungsgrad <input type="text" value="50.00"/> % <input type="button" value="v"/></p> <p>Leerfahrtanteil <input type="text" value="15.00"/> % <input type="button" value="v"/></p> <hr/> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ladeeinheit wird gemischt beladen <input type="button" value="v"/></p> <p>Volumensanteil <input type="text" value="60.00"/> % <input type="button" value="v"/></p> <p>Gewicht der restl. Ladung <input type="text" value="350.00"/> kg <input type="button" value="v"/></p>

[Karte anzeigen](#) [PDF Report](#) [Zum Ergebnis](#) [Transportfall speichern](#)

Bild 5: Eingabemaske Abschnitt 2 [8]

Um auszurechnen, zu welchem Anteil die Emissionen eines durchschnittlichen Ladungsträgers der jeweils auf diesem Ladungsträger beförderten Teilmenge der Haltbarmilch zuzurechnen sind, wird dabei der jeweils höhere Anteilsfaktor gemäß dem Volumen-Gewichts-Umrechnungsschlüssel verwendet. Die Gesamtemissionen der Haltbarmilch bei Mischbeladung ergeben sich aus dem Emissionsanteil der beobachteten Ladung an den zurechenbaren Emissionen eines durchschnittlichen Ladungsträgers und der Anzahl der zur Beförderung der beobachteten Sendung erforderlichen Ladungsträger. Der Output für den Benutzer wird unterschiedlicher Form dargestellt (vgl. Bild 6).

Abschnitt	Startadresse	Zieladresse	CO2/km	CO2 Gesamt	Kilometer gesamt
<input checked="" type="checkbox"/> Abschnitt 1	Waidhofen an der Thaya, Bahnhofstr...	Mauthausen, AT-431*	617.03 g	75.76 kg	122.79 km <input type="button" value="🗺️"/> <input type="button" value="✖️"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Abschnitt 2	Mauthausen, AT-431*	Salzburg, Müllner Hauptstraße, AT-50...	507.06 g	74.78 kg	147.49 km <input type="button" value="🗺️"/> <input type="button" value="✖️"/>
CO2 gesamt			562.05 g	150.55 kg	

[Karte anzeigen](#) [PDF Report](#) [Neu berechnen](#) [Transportfall speichern](#)

Bild 6: CO2-Emissionen pro km und Gesamt [8]

Der Benutzer hat abschließend die Möglichkeit, einzelne Teilstrecken zu löschen oder neu zu konfigurieren, beispielsweise falls gleiche Mengen Haltbarmilch mit unterschiedlichen Fahrzeugen oder in gleicher Konfiguration auf anderen Teilstrecken transportiert werden. Darüber hinaus kann der Benutzer den Transportfall für die weitere Verwendung speichern und einen Report mit allen Eckdaten und Ergebnissen auszudrucken (vgl. Bild 6).

8 Entwicklungspotentiale

Entwicklungspotentiale für CO₂-TEC bestehen auf mehreren Ebenen:

Eine Aktualisierung der Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs auf die aktuelle Version HBEFA 3.1 würde zur akkurateren Abbildung der Emissionen beitragen, da neue Modellansätze (z.B. für Kaltstart und Verdampfungsemissionen) in das Modell eingeflossen sind, Fahrzeuge der Abgasnorm EURO 6 Berücksichtigung finden und Verkehrssituationen neu definiert wurden.[12] Die Ausweitung der Adresssuche auf ein größeres Gebiet könnte das Einsatzgebiet für CO₂-TEC geografisch erweitern. Weiters könnte die Definition zusätzlicher Emissionskategorien noch stärker die Kundenanforderungen hinsichtlich des Fuhrparks und individueller Ladeeinheiten fokussieren.

Auf konzeptioneller Ebene stellt die Möglichkeit der durchgängigen Emissionskalkulation von intermodalen Transportketten für die umfassende Berechnung von globalen Transporten eine Herausforderung dar. Dies erfordert eine korrekte Umlegung von Emissionen auf Transportobjekte insbesondere bei Eisenbahn-, Luft- und Schiffsverkehren. Im Detail ergeben sich dabei zusätzliche Herausforderungen durch die Diversität der verwendeten Ladungsträger bei einer verkehrsträgerübergreifenden Betrachtung. Dies lässt sich insbesondere am Beispiel der Luftfahrt demonstrieren, wo komplett eigenständige Containertypen zum Einsatz kommen, strenge Gewichtsbeschränkungen herrschen und sehr unterschiedliche Produktionsformen existieren. So wird beispielsweise ein Großteil des Luftfrachtaufkommens im Transatlantikverkehr nicht mit Frachtmaschinen, sondern als Belly-Fracht im Rumpf von Passagiermaschinen befördert. Darüber hinaus bestehen Entwicklungspotentiale auf konzeptioneller Ebene bezüglich der Entwicklung von Algorithmen zur Integration von Umschlags- und Lagerprozessen im Bereich standardisierter Ladeeinheiten.

Technische Entwicklungspotentiale bestehen neben Performancesteigerungen vor allem in der Definition einer Schnittstelle zur Massendatenverarbeitung, über die große Mengen an Transportfällen automatisiert und effizient bearbeitet werden können. Eine hohe Anzahl an bearbeiteten Transportfällen kann dabei zur Schaffung von unternehmens- und branchenspezifischen Benchmarks im Bereich der Emissionskalkulation beitragen und einen Beitrag zur Schaffung eines einheitlichen Standards zur CO₂-Kalkulation in der Logistik leisten.

9 Literatur

- [1] Bretzke, WR; Barkawi, K (2010): Nachhaltige Logistik. Springer, Berlin, Heidelberg
- [2] European Commission (2010): EU energy and transport in figures. Luxembourg
- [3] Kromp-Kolb, H; Formayer, H (2005): Schwarzbuch Klimawandel. ecowin Verlag, Salzburg
- [4] Rahmstorf, S; Schellnhuber, HJ (2007): Der Klimawandel. 6. Auflage. C.H. Beck Verlag, München
- [5] Piecyk, M (2010): Carbon Auditing of companies, supply chains and products. In: McKinnon, A; Cullinane, S; Browne, M; Whiteing, A (Hrsg), Green Logistics. Kogan Page, London, Philadelphia, New Delhi
- [6] Lintner, D; Wachmann, H (2009): CO2-Tec Transport Emission Calculator Pflichtenheft
- [7] Eigene Erhebung im Rahmen der Fallstudien zu CO2-Tec (2009)
- [8] CO2-TEC: <https://www.co2-tec.com> Abgerufen am 08.09.2011
- [9] European Commission (2011): Reducing emissions from the aviation sector: http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation/index_en.htm Abgerufen am 09.09.2011
- [10] European Environment Agency (2008): Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2008. Kopenhagen:
http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_5/ghg_trends_2008.pdf
Abgerufen am 1.1.2009
- [11] Infrac (2004): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 2.1): elektronische Ressource
- [12] Infrac (2011): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 3.1): <http://www.infrac.ch/d/projekte/displayprojectitem.php?id=624> Abgerufen am 07.09.2011
- [13] Umweltbundesamt (2008b): Klimaschutzbericht 2008. Wien. S. 53f:
<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0150.pdf> Abgerufen am 13.12.2008
- [14] Umweltbundesamt (2011): Globales Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS): <http://www.umweltbundesamt.at/ueberuns/produkte/gemis/> Abgerufen am 07.07.2011